

2022年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】  
高中(職)組 成果報告表單

題目名稱：炮聲若響

一、摘要：

本實驗利用酸性物質遇到小蘇打粉時，會產生二氧化碳的化學反應來製作爆炸包。我們想研究生活中常見的酸和小蘇打粉兩者在各種比例下的反應速率，與爆炸時的音量大小關係。實驗中我們發現小蘇打粉與檸檬原汁、20%檸檬酸、4~5%市售食用醋以不同比例反應時，相同比例但不同的酸性物質會影響反應時間及爆炸音量，若想要製作出爆炸音量最大者可以選擇20%10毫升的檸檬酸搭配2.5克的小蘇打粉，渴望有驚喜感的可以選擇時間較不定的10毫升的食用醋搭配1克的小蘇打粉。而檸檬原汁較無法與小蘇打粉反應完全，可能是因為成分較雜造成失敗率高，若想嘗試利用檸檬原汁製作爆炸包，須想辦法提高檸檬原汁中的酸濃度以降低其失敗率。

二、探究題目與動機

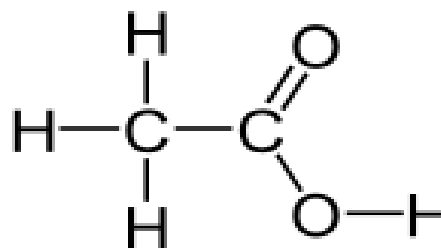
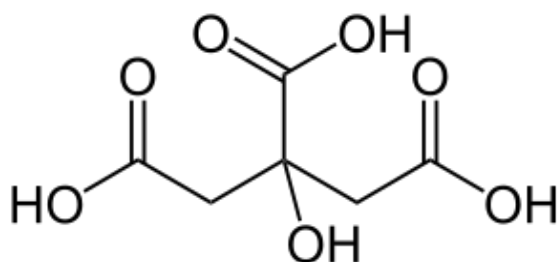
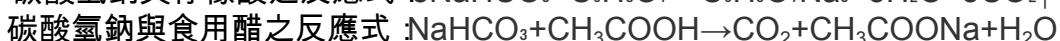
國小生日時同學都會用爆炸包來嚇壽星，但小時候根本不知道爆炸包是什麼東西，也不知道原理，長大後看到有人在玩爆炸包因此回想起以前的回憶，引發了我對爆炸包的好奇心。

炸彈包的主要成分是碳酸氫鈉跟檸檬酸，兩種化學物質反應會產生二氧化碳，造成包裝內外壓力差而爆炸，因此我們想探討在生活中隨手可得的小蘇打與各種酸反應時，是否能產生一樣的爆炸效果，並探討反應時間需多久才能產生足夠的二氧化碳來造成壓力差而爆炸，以及爆炸時產生的音量大小。

三、探究目的與假設

實驗原理：

含碳酸根 $\text{CO}_3^{2-}$ 的碳酸鹽類與酸性物質反應時會產生二氧化碳 $\text{CO}_2$ ，若把兩者封在密閉袋中使兩者反應，袋子裡會因壓力不均而使密封袋破裂產生巨大的聲響。



每種酸性物質之酸性強度不一，反應後產生的氣體量也不同，不同克數的小蘇打粉和相同毫升的酸性物質觸碰到粉末的面積也會影響反應時間的長短，我們這次要探討：

- 一、不同克數的小蘇打粉遇到20%檸檬酸、食用醋、檸檬原汁各10毫升的反應時間。
- 二、不同克數的小蘇打粉遇到20%檸檬酸、食用醋、檸檬原汁各10毫升爆炸時的音量大小。

四、探究方法與驗證步驟

一、探究方法：

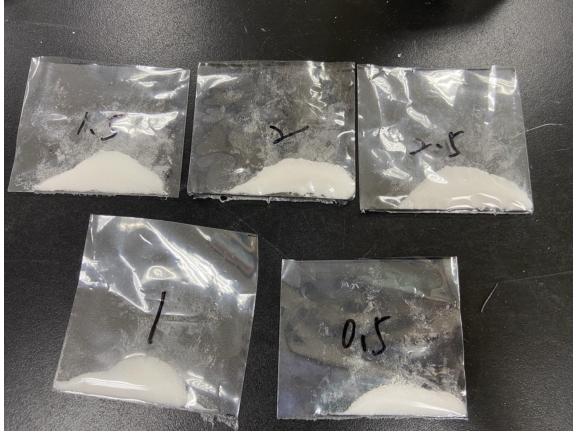
(1)實驗器材： a.封口機 b.0號夾鏈袋 c.熱封膜 d.分貝計

(2)實驗藥品： a.小蘇打粉 b.檸檬原汁 d.20%檸檬酸溶液 e.4~5%市售食用醋

(3)實驗步驟：

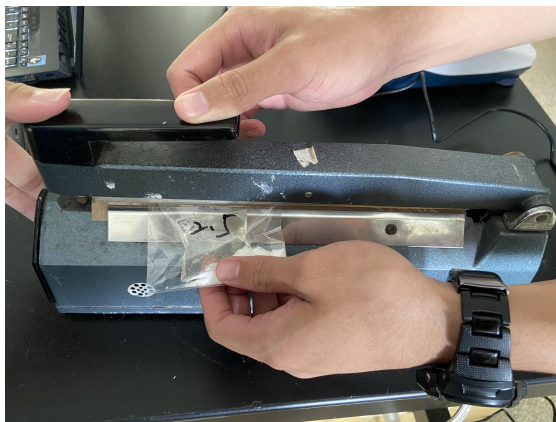
1.使用封口機壓出8 cm x 5.5 cm的熱縮膜作為外包裝袋，將0.5克、1.0克、1.5克、2.0克、2.5克小蘇打粉( $\text{NaHCO}_3$ )分別裝入其中。

2.調配重量百分濃度20%檸檬酸( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ) 10毫升、食用醋10毫升、檸檬原汁10毫升各倒入0號夾鏈袋，並熱封。



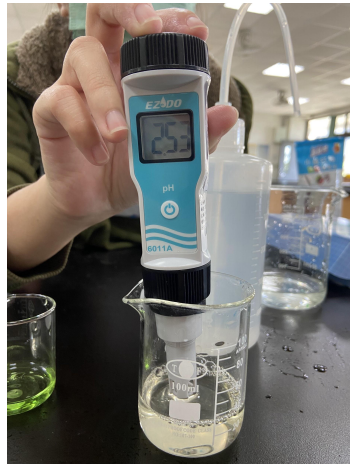
3.將包裝好的檸檬酸、食用醋、檸檬原汁分別作為內袋放入裝有小蘇打的外包裝袋中並熱封。

4.擠破裝有酸性液體的內袋並搖晃，使小蘇打粉跟酸性液體反應，產生二氧化碳( $\text{CO}_2$ )，包裝袋內因壓力不均而爆炸。



※酸性物質之pH值

檸檬酸 (pH值：1.36)	4~5%市售食用醋 (pH值：2.53)	檸檬原汁 (pH值：2.32)
-------------------	-------------------------	--------------------



## 實驗數據分析

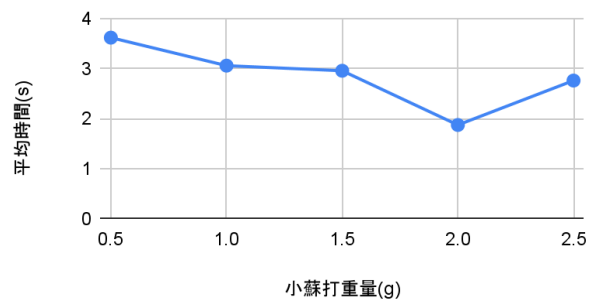
### 一、不同酸性物質與小蘇打反應時間

#### 20%檸檬酸10毫升與不同重量小蘇打粉反應爆炸平均時間

次序 克數	一	二	三	四	五	平均 時間
0.5	2.78	0.5	7.78	3.23	3.71	3.62
1	2.44	3.34	2.78	2.86	3.87	3.06
1.5	3.14	3.86	1.56	4.32	1.9	2.96
2	1.75	3.23	1.06	1.79	1.53	1.87
2.5	2.46	2.52	1.34	4.93	2.55	2.76

(表一)20%檸檬酸10毫升與不同重量小蘇打粉反應爆炸平均時間

檸檬酸與小蘇打粉反應的平均時間



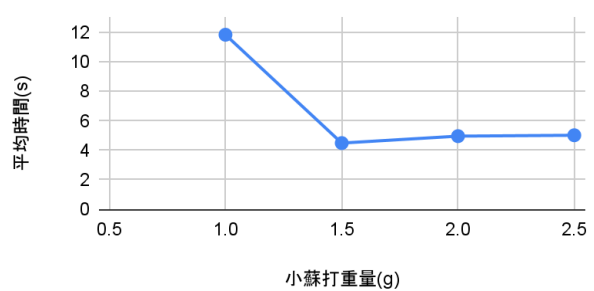
(圖一)20%檸檬酸10毫升與不同克數小蘇打粉反應爆炸平均時間折線圖

#### 4~5%食用醋10毫升與不同重量小蘇打粉反應爆炸平均時間

次序 克數	一	二	三	四	五	平均 時間
0.5	x	x	x	x	x	x
1	8.03	2.95	5.6	17.85	24.76	11.84
1.5	6	3	5.23	4.3	3.92	4.49
2	8.36	4.2	5.69	4	2.55	4.96
2.5	5.85	3.9	1.93	9.97	3.45	5.02

(表二)4~5%食用醋10毫升與不同重量小蘇打粉反應爆炸平均時間

食用醋與小蘇打粉反應的平均時間



(圖二)4~5%食用醋10毫升與不同克數小蘇打粉反應爆炸平均時間折線圖

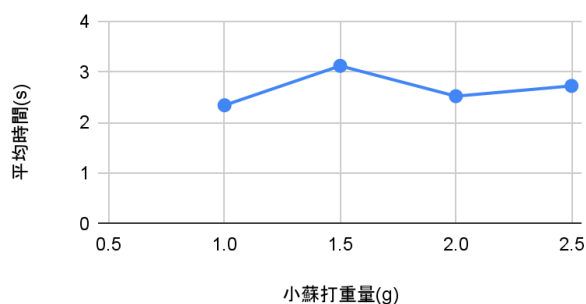


### 檸檬原汁10毫升與不同重量小蘇打粉反應爆炸平均時間

次序 克數	一	二	三	四	五	平均 時間
0.5	x	x	x	x	x	x
1	3.07	x	1.61	x	x	2.34
1.5	3.12	x	x	x	x	3.12
2	2.52	x	x	x	x	2.52
2.5	3.74	2.39	2.04	x	x	2.72

(表三)檸檬原汁10毫升與不同重量小蘇打粉反應爆炸平均時間

檸檬汁與小蘇打粉反應的平均時間



(圖三)檸檬原汁10毫升與不同克數小蘇打粉反應爆炸平均時間折線圖

#### 數據說明：

就以上三組數據而言，可以觀察到食用醋和小蘇打粉反應的時間相較於其他兩者慢，有可能是濃度影響了反應時間，因為食用醋的濃度為4~5%而檸檬汁的濃度為20%，由圖(一)與圖(二)可知小蘇打粉在相同克數下，每一種比例食用醋反應時間皆較檸檬酸慢。

在數據收集的過程中，我們發現檸檬原汁常常無法完成反應讓外包裝袋爆開，且無法得知其原始濃度，我們猜測檸檬原汁的酸度應該是這三種酸中最弱的，或是檸檬原汁裡含有太多其他物質而影響反應，檸檬原汁相對於其他兩者來說是個較不容易發生反應的酸性液體，因此我們決定將檸檬原汁從討論中剔除。

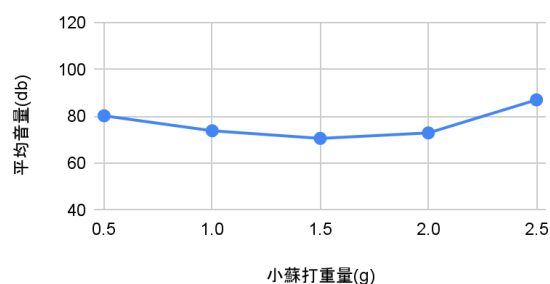
#### 二、不同酸性物質與小蘇打反應爆炸音量

##### 20%檸檬酸10毫升與不同重量小蘇打粉反應爆炸平均分貝

次序 克數	一	二	三	四	五	平均 分貝
0.5	74.83	100.63	76.57	88.26	60.61	80.18
1	87.48	71.77	72.47	70.67	66.5	73.78
1.5	72.73	66.57	59.72	78.04	75.58	70.53
2	70.06	73.07	74.86	71.31	75.02	72.86
2.5	91.52	63.87	71.82	103	104.65	86.97

(表四)20%檸檬酸10毫升與不同重量小蘇打粉反應爆炸平均分貝

檸檬酸與小蘇打粉反應的平均分貝



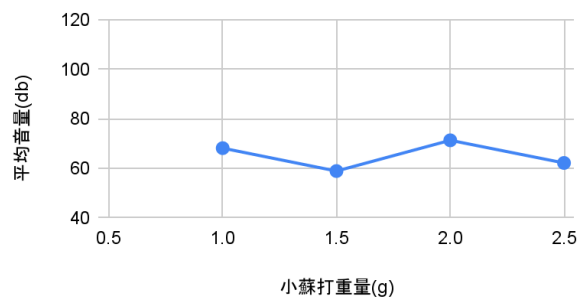
(圖四)20%檸檬酸10毫升與不同克數小蘇打粉反應爆炸平均分貝折線圖

##### 4~5%食用醋10毫升與不同重量小蘇打粉反應爆炸平均分貝

次序 克數	一	二	三	四	五	平均 分貝
0.5	x	x	x	x	x	x
1	55.39	80.45	52.28	67.5	84.83	68.09
1.5	53.2	79.86	59.29	50.33	51.49	58.83
2	50.39	55.21	86.39	86.48	77.83	71.26
2.5	49.73	69.27	60.49	50.89	80.14	62.1

(表五)4~5%食用醋10毫升與不同重量小蘇打粉反應爆炸平均分貝

食用醋與小蘇打粉反應的平均分貝



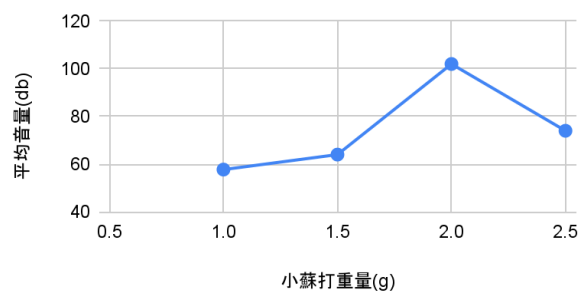
(圖五)4~5%食用醋10毫升與不同克數小蘇打粉反應爆炸平均分貝折線圖

檸檬原汁10毫升與不同重量小蘇打粉反應爆炸平均分貝

次序 克數	一	二	三	四	五	平均 分貝
0.5	x	x	x	x	x	x
1	58.52	x	56.92	x	x	57.72
1.5	64.01	x	x	x	x	64.01
2	102.03	x	x	x	x	102.03
2.5	84.39	62.78	74.85	x	x	74.01

(表六)檸檬原汁10毫升與不同重量小蘇打粉反應爆炸平均分貝

檸檬汁與小蘇打粉反應的平均分貝



(圖六)檸檬原汁10毫升與不同克數小蘇打粉反應爆炸平均分貝折線圖

數據說明：

如同上一段落所述，檸檬原汁因收集的成功數據較少、可信度較低，其數據便不列入討論。觀察以上數據發現，10毫升檸檬酸和10克小蘇打粉(重量比1:8)的比例下，爆炸的音量最高到達 104.65 dB，平均音量為 86.97 dB，而10毫升食用醋和2克小蘇打粉(重量比1:4.24)時，最高爆炸音量為86.48dB，平均音量為71.26dB，在測試的五種比例下，檸檬酸的音量皆比食用醋大，有可能是因為檸檬酸與小蘇打粉反應時，檸檬酸的pH值較低，氣體產生的速度較快，所以爆開時聲響較大。

由以上數據可知，影響反應時間及爆炸音量的原因可能是濃度與pH值，當濃度越高、pH值越低時，爆炸音量相對較大，反應時間愈快。檸檬原汁有一大部分無數據，猜測是因檸檬原汁的成分複雜，可能影響酸與小蘇打粉之間的反應，所以反應成功率較檸檬酸或食用醋低，因此若想在家自製快速爆炸，且音量大聲的爆炸包，應選擇2.5克的小蘇打粉與10毫升的20%檸檬酸，效果最好，若想選擇反應時間慢一點，有足夠時間跑走且音量也大聲的爆炸包，可選擇1克的小蘇打粉與10毫升的4~5%的市售食用醋最合適。

## 五、結論與生活應用

### 一.實驗結論：

1. 不同克數的小蘇打粉遇檸檬酸、食用醋、檸檬原汁各10毫升反應時間之實驗數據顯示，4~5%食用醋反應時間最長，20%檸檬酸反應時間最短，我們推測是因為濃度不一樣，而增加或減少單位面積分子碰撞的次數，造成反應的時間差，但若要更確切的證實這個想法，未來可以配製不同濃度的檸檬酸來驗證濃度對反應造成的影響。
2. 我們發現10毫升20%的檸檬酸與2.5克的小蘇打粉平均音量為86.97dB，是平均音量最大的；食用醋較大平均音量落在10毫升4~5%的食用醋與2克的小蘇打粉，平均音量為71.26dB；而檸檬原汁可能是濃度不高或成分較複雜，無法跟小蘇打粉完全反應，所以數據不納入討論。
3. 承上一點可知，若想要快速爆炸且音量大，可選擇10毫升20%的檸檬酸與10克的小蘇打粉，效果是最佳的。

### 二.造成實驗結果的誤差：

1. 當兩包裝大小相近時，捏爆內袋時可能會一起把外袋捏爆而洩氣。
2. 酸性物質的毫升數，在包裝酸性物質時可能因手抖或未完全倒完而使毫升不到10毫升。
3. 熱封膜的密封程度，造成緊密度不同。熱封時，包裝袋偶爾會因高溫而破洞產生小氣孔，使之洩氣。
4. 捏爆內袋時，酸水溶液噴出的程度不一，可能影響酸與小蘇打接觸的時間與程度

### 三.爆炸包可運用之處：

1. 攜帶方便，是外出的小樂趣。
2. 危險性低，想有鞭炮時的快感時，可以玩。
3. 成本價低，且易取得。
4. 到野外露營前，可以先在周圍爆破爆炸包，把動物嚇走，避免出現危險動物造成生命危險。

### 參考資料

#### 維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A2%B3%E9%85%B8%E6%B0%A2%E9%92%A0>

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B9%99%E9%85%B8>

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8C%96%E5%AD%B8%E5%8F%8D%E6%87%89%E9%80%9F%E7%8E%87>

#### Wikiwand

<https://www.wikiwand.com/zh-sg/%E6%AA%B8%E6%AA%AC%E9%85%B8>

#### 早安健康

<https://www.edh.tw/article/16997>